Aula 4

SELEÇÃO NATURAL

META

Apresentar o mecanismo de Seleção Natural, mostrando os modos de seleção e verificar como os diferentes modos de seleção atuam sobre o indivíduo nas populações, evidenciando a importância da Seleção Natural como fator evolutivo.

OBJETIVOS

Ao final desta aula, o aluno deverá:
entender o mecanismo de Seleção Natural como fator evolutivo determinístico e sua relação com o processo de adaptação.

PRÉ-REQUISITO

Noções de genética de populações

Edilson Divino de Araujo

INTRODUÇÃO

A Seleção Natural pode ser cientificamente testada em todos esses campos, podendo ser considerada uma das mais poderosas ideias em todas as áreas da ciência, e é a única teoria que pode ser considerada como unificadora da área de Biologia.A Seleção Natural é um dos principais fatores evolutivos e representa um grande legado de Charles Darwin. Darwin e Wallace perceberam que nem todos os membros de uma população necessariamente têm a mesma chance de sobreviver e se reproduzir. Em função de pequenas variações fenotípicas, alguns indivíduos são mais bem adaptados ao seu ambiente do que os outros. Os indivíduos mais bem adaptados são mais "aptos" e tendem a sobreviver e se reproduzir, passando parte de suas características para a próxima geração com maior frequência.

Fitness (aptidão) é uma medida comparativa da capacidade de um indivíduo sobreviver e se reproduzir. Aqueles com a maior aptidão têm mais chances de sobreviver e se reproduzir, o que resulta numa maior contribuição para o patrimônio genético da próxima geração.

A seleção natural é o processo de sobrevivência e reprodução diferencial entre os indivíduos de uma população que inevitavelmente leva a mudanças na composição genética populacional ao longo do tempo. Nesse capítulo veremos como a seleção natural pode afetar uma população ideal em equilíbrio de Hardy-Weinberg, quais são os pré-requisitos para a atuação efetiva da seleção e sob quais modos a seleção pode atuar. Veremos ainda o papel da Seleção Natural no processo evolutivo como fator determinístico associado a adaptação das populações ao meio onde vivem.

CHARLES DARWIN E O CONCEITO DE SELEÇÃO NATURAL

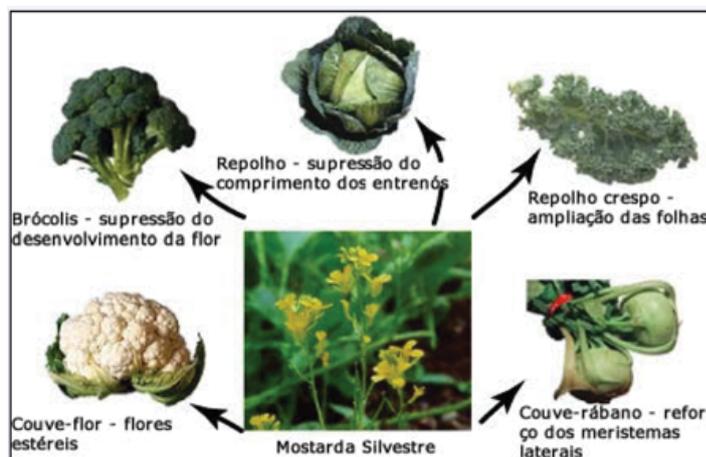
Como vimos no primeiro capítulo, a ideia da Seleção Natural nasceu em Charles Darwin a partir da leitura do livro "*Essay on Population*" de Thomas Malthus. Vejamos a seguinte citação de Charles Darwin encontrada no livro "*A origem das espécies*":

> "A luta pela existência resulta inevitavelmente da rapidez com que todos os seres organizados tendem a multiplicar-se. Todo o indivíduo que, durante o termo natural da vida, produz muitos ovos ou muitas sementes, deve ser destruído em qualquer período da sua existência, ou durante uma estação qualquer, porque, de outro modo, dando-se o princípio do aumento geométrico, o número dos seus descendentes tornar-se-ia tão considerável, que nenhum país os poderia alimentar. Também, como nascem mais indivíduos que os que podem viver, deve existir, em cada caso, luta pela existência, quer com outro indivíduo da mesma espécie, quer com indivíduos de espécies diferentes, quer com as

condições físicas da vida. É a doutrina de Malthus aplicada com a mais considerável intensidade a todo o reino animal e vegetal, porque não há nem produção artificial de alimentação, nem restrição ao casamento pela prudência. Posto que algumas espécies se multipliquem hoje mais ou menos rapidamente, não pode ser o mesmo para todas, porque a terra não as poderia comportar" (pg. 78).

A ideia poderosa de Darwin resultou na mais unificadora teoria biológica e representa o eixo central do estudo de Biologia.

A SELEÇÃO ARTIFICIAL

Boa parte dos argumentos utilizados por Darwin no livro "*A origem das espécies*" utilizaram exemplos de Seleção artificial. Durante milênios o homem domesticou e selecionou centenas de espécies de plantas e animais, e com isso desenvolveu a agricultura, a pecuária e passou a ter animais domésticos. Muitas hortaliças que utilizamos hoje são derivadas de uma única espécie que deu origem a diversas linhagens diferentes por meio da seleção de indivíduos reprodutores com características interessantes. A seleção artificial é muito mais antiga que a própria genética e se utilizou do conhecimento empírico durante milênios. A diferença básica entre Seleção Artificial e Seleção Natural, é que a primeira está condicionada aos interesses do homem, enquanto a Seleção Natural está diretamente a adaptação das populações a um determinado meio. A Seleção Artificial também costuma ser muitíssimo mais rápida em função da escolha precisa realizada pelos produtores. É ingênuo pensar que as plantas que cultivamos sempre tiveram a aparência que hoje. Ao contrário do que a maioria das pessoas imagina, a maior parte das plantas cultivadas atualmente são bem distintas das espécies selvagens das quais foram originadas. A couve, o repolho, a couve-flor e a couve-de-bruxelas. Todas essas culturas correspondem a uma única espécie, *Brassica oleracea* (*Brassicaceae*) e servem bem de exemplo para o que acabamos de afirmar, veja a figura 4.1 abaixo.

Seleção Artificial: Esses vegetais comuns foram cultivados a partir da mostarda silvestre e pertencem a mesma espécie. (Fonte: http://www.ib.usp.br).

CONDIÇÕES BÁSICAS PARA A ATUAÇÃO DA SELEÇÃO NATURAL

Para que a seleção natural seja efetiva, ou seja, para que a seleção natural resulte em mudança evolutiva ao longo do tempo, são necessárias algumas condições básicas:
1. Reprodução. Considerando que a evolução se processa ao longo do tempo, é necessário que haja reprodução para a formação das gerações futuras.
2. Herdabilidade. Os descendentes tendem a assemelhar-se a seus pais, no entanto, nem todas as características fenotípicas podem ser atribuídas à variação genética – lembrem-se que o fenótipo é o resultado da interação entre genótipo e ambiente – Então a herdabilidade pode ser conceituada em sentido amplo como a parte da variação fenotípica que pode ser atribuída a variação genética. A herdabilidade é simbolizada por h2 e sua fórmula pode ser descrita como:

$$h^2 = \frac{S_G^2}{S_F^2}$$

em que S_G^2 é a variância genética entre os indivíduos e S_F^2 a variância fenotípica. Desse modo a herdabilidade varia entre zero (0), para ausência de variação genética, e um (1) quando toda a variação ambiental não existe e toda a variação entre os indivíduos puder ser atribuída a variação genética. Geralmente não são encontrados os extremos de herdabilidade (zero e um), exceto em condições muito particulares. A herdabilidade será zero, por exemplo, quando a população for formada por um clone. Nesse caso não haverá variação genética. No outro extremo, para que o valor de herdabilidade seja um (1) o ambiente teria que ser totalmente homogêneo para todos os indivíduos, mas isso é praticamente impossível de acontecer.

VARIAÇÃO FENOTÍPICA

Obviamente para que haja qualquer seleção ou escolha é necessário haver diferença. Se você for a um supermercado comprar 1Kg de sabão em pó e encontrar na gôndola apenas sabão de uma marca em caixas de 1Kg, mesmo que existam centenas de caixas, você não perderá tempo escolhendo qual caixinha levar, considerando que todas são iguais. No entanto, uma situação oposta, você poderia encontrar uma gôndola com dezenas de marcas, umas dentro de caixas, outras em saquinhos, embalagens plásticas, de papelão, com cores e preços variados. Nesse caso você provavelmente gastaria um pouco mais de tempo escolhendo, verificando qual seria a melhor razão custo/benefício. Com a seleção natural é a mesma coisa, ela

só pode existir se houver variação, ou seja, diferenças fenotípicas entre os indivíduos. Darwin deu grande importância para a variação no processo de seleção natural, tirando da variação a ideia de erro, convertendo-a numa propriedade natural das espécies. No entanto, Darwin não foi capaz de dar uma explicação satisfatória para o seu surgimento, e só mais tarde a genética resolveu essa questão.

DIFERENÇA DE APTIDÃO (DIFERENCIAL DE MORTALIDADE/REPRODUÇÃO)

A aptidão (*Fitness*) é um termo técnico que se refereao número de descendentes deixado por um indivíduo quando comparado ao número médio de descendentes deixados pelo restante da população. Esse diferencial reprodutivo dado pelo valor adaptativo (W) é a base da seleção natural, resultando na diferença de probabilidade dos indivíduos deixarem descendentes.

Valor adaptativo (w - *fitness*)

W – valor adaptativo relativo : é a medida da proporção de indivíduos com determinado fenótipo/genótipo que deixam descendentes ao longo das gerações, sob determinadas condições ambientais (bióticas e abióticas) em relação aos indivíduos com o fenótipo mais apto.

AA	Aa	aa	
W_{11}	W_{12}	W_{22}	**Valores W para genótipos de um fenótipo parcialmente dominante que favorece o aumento da frequência de A**
1	0,9	0,4	

$\overline{W}$– valor adaptativo médio: é o W médio dos indivíduos dentro de uma população em relação ao fenótipo mais apto. Pode ser estimado pela fórmula:

$$\sum f_{xy} * W_{xy}$$

f_{xy}: Frequência do genótipo; W_{xy}: Valor adaptativo do genótipo

Esta medida permite acompanhar o processo de adaptação e comparar populações sob o ponto de vista adaptativo

Valor Adaptativo
(Fonte: http://www.icb.ufmg.br).

Considerando que diferenças no genótipo individual afetam a aptidão, assim as frequências dos genótipos irão mudar ao longo das gerações; então os genótipos com maior aptidão serão mais comuns ao longo do tempo. Aptidão é um conceito muito útil por reunir tudo o que importa para seleção natural (probabilidade de sobrevivência, capacidade de encontrar parceiros, processo de reprodução) em um único termo. O individuo mais apto não é necessariamente o mais forte, mais rápido ou maior, mas uma combinação de diversos fatores que influenciam a probabilidade de deixar descendentes.

A Seleção Natural não será efetiva na falta de qualquer um desses requisitos anteriores, mas, quando as quatro condições se aplicam, a seleção alterará as características populacionais, atuando como um filtro genético sobre a variação existente. A Seleção Natural é, portanto, um fator evolutivo que leva a redução da variabilidade genética populacional ao longo do tempo, de forma determinística, isto é, poderemos prever o aumento ou a redução da frequência em determinados alelos e/ou genótipos ao longo das gerações, como veremos mais adiante.

Para fixar o assunto abordado até agora vamos utilizar um simulador na *internet*, chamado *Evotutor*. Entre em *www.evotutor.org* para testar por meio de simulações a ação da Seleção Natural sobre uma população. Utilize o seguinte tutorial:

1. Entre no *site www.evotutor .org*
2. Na página de boas vindas escolha a guia "*online simulations*" e escolha "*Yes*" na página seguinte;
3. No menu principal escolha a guia "selection" e depois escolha "requirements" (que trata dos pré-requisitos que discutimos anteriormente para que a Seleção Natural seja efetiva.
4. Escolha a guia "*histogram*" e faça diversas simulações alterando a presença (com x) e ausência (sem x) dos pré-requisitos (variação, herdabilidade e diferencial de mortalidade) e aperte "*run*" para executar a simulação.

Utilizando o teorema de *Hardy-Weinberg* como parâmetro básico para o estudo da Seleção Natural

Não foi sem motivos que falamos de população ideal no segundo capítulo. Lembre-se de que uma população ideal é aquela população teórica que não se altera ao longo do tempo, ou seja, uma população totalmente desprovida de fatores evolutivos. Dessa forma, as frequências gênicas e genotípicas permaneceriam constantes ao longo do tempo e a evolução não existiria. Agora vamos utilizar uma população ideal em equilíbrio de Hardy-Weinberg, inserindo a Seleção Natural como o único fator evolutivo nesse modelo nulo.

Vamos analisar a seguinte tabela:

Genótipos	AA	Aa	aa
Frequências Genotípicas	p^2	$2pq$	q^2
Valor Adaptativo	WAA	WAa	Waa
Genótipos	AA	Aa	aa
Frequências genotípicas ponderadas pelo valor adaptativo	$p^2\ WAA$	$2pqWAa$	$q^2\ Waa$

Nessa tabela podemos ver nas duas primeiras linhas as frequências genotípicas esperadas numa população em equilíbrio de Hardy-Weinberg para um locus com dois alelos (A e a). Se considerarmos que as frequências iniciais de A e a forem de 0,5 cada, então esperaríamos manter as frequências A=0,5 e a=0,5 ao longo do tempo.

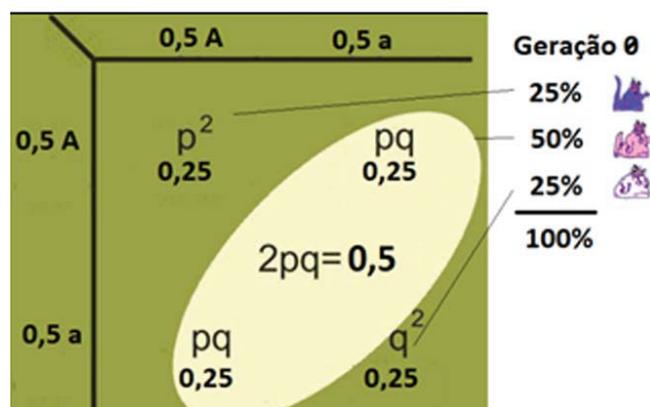
Agora vamos incluir nesse exemplo diferentes valores adaptativos para três diferentes fenótipos, que por sua vez estão associadosa três diferentes genótipos. Desse modo temos variação fenotípica, herdabilidade, diferencial de mortalidade, enfim, tudo o que é necessário para que ocorra a Seleção Natural.

Poderíamos responder então qual seriam as frequências esperadas dos 3 genótipos na próxima geração?

Para isso vamos para a última linha da tabela anterior que associa cada frequência genotípica a um valor adaptativo. Vamos simplesmente associar as frequências e os valores adaptativos fornecidos para ver o que conseguiremos na próxima geração. Para ficar mais realista vamos utilizar um exemplo hipotético.Imagine que num planeta distante existe uma grande população de Pantufos. Os pantufos possuem coloração azul, branco ou rosado, a depender de seu genótipo. O sistema genético deles é similar ao nosso, com reprodução sexuada e sistema diplo-diploide. Da população de 1000 pantufos, 500 são fêmeas e 500 machos e a distribuição populacional igualmente distribuída entre os sexos é a seguinte:

	Fenótipos	Genótipos	Frequências genotípicas	Valor Adaptativo (W)
	Azul	AA	0,25	1,0
	Rosado	Aa	0,5	0,9
	Branco	aa	0,25	0,8

Pantufos azuis são considerados os mais bonitos e também são mais resistentes e em outro extremo, os brancos são pouco chamativos e frágeis, enquanto os híbridos rosados possuem valor adaptativo intermediário.

Logo é possível deduzir que a frequência do alelo "A" presente nos azuis e híbridos aumentará ao longo do tempo e a frequência de "a" presente nos brancos e híbridos diminuirá, vejamos:

Incluindo os valores adaptativos para a próxima geração, teremos a seguinte frequência de P :

$$P: \frac{[(p^2) x W_{AA}] + \frac{1}{2}[(2pq) x (W_{Aa})]}{[(p^2) x W_{AA}] + [(2pq) x (W_{Aa})] + [(q^2) x Waa]}$$

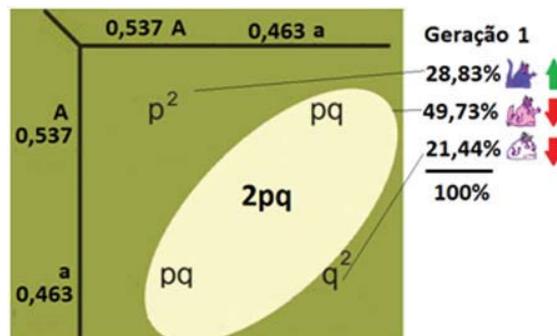
Substituindo os valores nessa fórmula anterior teremos:

$$A: \frac{[(0{,}5x0{,}5) x 1] + \frac{1}{2}[(2x0{,}5x0{,}5) x (0{,}9)]}{[(0{,}25 \ x \ 1)] + [(2x0{,}5x0{,}5) x (0{,}9)] + [(0{,}5x0{,}5) x (0{,}8)]} = \frac{0{,}3625}{0{,}675} \cong \mathbf{0{,}537}$$

Então, a frequência de “a” seria:

a=1-A

a=1-0,537=**0,463**

Considerando as novas frequências alélicas, na próxima geração teríamos as seguintes frequências genotípicas:

MODOS DE SELEÇÃO

A Seleção Natural foi organizada, para fins didáticos, em três modos: Seleção balanceadora, disruptiva e direcional. O exemplo anterior é um exemplo de seleção direcional, que ocorre quando um dos extremos de variação é favorecido em detrimento dos demais fenótipos. No caso anterior o fenótipo extremo (azul) tinha o maior valor adaptativo, enquanto os híbridos e homozigotos recessivos apresentavam menor aptidão. As consequências diretas da Seleção direcional implicam na mudança das frequências alélicas (A e a) e das frequências genotípicas (AA, Aa e aa) para as próximas gerações, tendendo a fixaçãodo alelo e do genótipo favorecido. Poderíamos dizer que no caso anterior, após muitas gerações com a mesma pressão de seleção, toda a população seria formada de Pantufos azuis e as variedade rosadas e brancas se extinguiriam da população. Veja o quadro da página seguinte (Figura 4.4) e verifique como a diferença de valor adaptativo pode influir em diferentes modos de seleção de genótipos.

WAA = WAa > Waa – Seleção direcional (dominante)
WAA > WAa > Waa – Seleção direcional (parcialmente dominante)
WAA < WAa > Waa – Seleção estabilizadora
WAA < WAa > Waa – Seleção disruptiva

Valor Adaptativo e Seleção de Genótipos

Figura 4.3 – Valor adaptativo e seleção de genótipos
(Fonte: http://www.icb.ufmg.br).

É importante ressaltar que a velocidade da fixação é proporcional a diferença de valores adaptativos entre os indivíduos, quanto maior a diferença, mais rápida é a homogeneização da população. No nosso exemplo tratamos de um caso bastante simples em que cada fenótipo era condicionado por um genótipo diferente, que por sua vez era determinado por apenas um *locus*. No entanto, na natureza a situação costuma ser mais complexa, envolvendo características poligênicas, valores de herdabilidade mais baixos, presença de dominância e possíveis interações gênicas. Herdabilidades baixas fazem com que a seleção seja mais lenta, uma vez que nem todas as diferenças fenotípicas são determinadas por diferenças genéticas. No caso de dominância, por outro lado, é possível que um indivíduo heterozigoto, portador de um alelo deletério recessivo, tenha um valor adaptativo semelhante ao homozigoto dominante, uma vez que eles terão o mesmo fenótipo. Nesse caso, a seleção também será menos efetiva, já que o alelo deletério ficará oculto fenotipicamente no heterozigoto e poderá passar adiante com a mesma probabilidade do alelo normal.

Na Seleção Disruptiva o menor valor adaptativo está no híbrido, enquanto os extremos homozigotos são os mais favorecidos. Esse tipo de seleção favorece a diversificação da população e pode ser um fator favorável a especiação. Numa população em que está atuando a Seleção Disruptiva, a quantidade de heterozigotos (ou híbridos) é menor que a esperada pelo equilíbrio de Hardy-Weinberg, já que esse tipo de indivíduo é menos viável ou possui menor probabilidade de reprodução. A consequência disso é que quando homozigotos dominantes (por exemplo: AA x AA) cruzam entre si, os seus descendentes também serão homozigotos com valor adaptativo alto, o mesmo vai acontecer no cruzamento entre recessivos. Entretanto, no caso do cruzamento entre homozigotos dominantes e recessivos (AA x aa) todos os descendentes serão heterozigotos com valor adaptativo reduzido.

A Seleção Balanceadora (ou estabilizadora) faz justamente o contrário da disruptiva, ela favorece os híbridos e desfavorece os extremos homozigotos. Nesse caso há uma variação nas frequências genotípicas, existindo um incremento do número de heterozigotos e uma redução do número de homozigotos quando comparados ao que seria esperado pelo equilíbrio de Hardy-Weinberg. As frequências alélicas tendem a se equilibrar na Seleção

estabilizadora, até alcançar o valor de 0,5 de frequência para cada alelo (considerando um locus com dois alelos).

Veja a ilustração gráfica dos modos de Seleção Natural na figura abaixo.

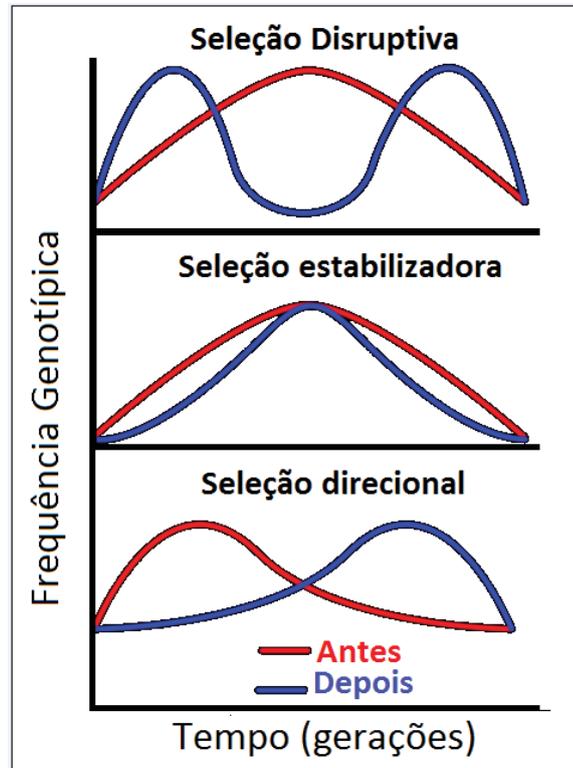



Figura 4.4 – Modos de Seleção Natural
(Fonte: modificado de http://pt.wikipedia.org).

Para treinar um pouco esses conceitos relacionados aos modos de Seleção, eu sugiro que voltem ao *Evotutor* e entre em "*Selection modes*" em http://www.evotutor.org/Selection/Sl5A.html. Nessa guia você poderá utilizar o simulador para observar o que acontece com a variação populacional em cada um dos três modos de Seleção mencionados.

SELEÇÃO SEXUAL

Seleção Sexual é um caso particular de seleção natural, defendido por Darwin, mas pouco aceita por Wallace (mas Darwin estava certo). A Seleção sexual atua na probabilidade de um organismo encontrar um parceiro e obter sucesso reprodutivo.

Esse tipo de seleção pode ser poderoso o suficiente para produzir características que são potencialmente desfavoráveisà sobrevivência do organismo. Acredita-se que seleção sexual tenha surgido com os eucariotos sexuados que, com o tempo, resultou no dimorfismo sexual

e na diferenciação dos gametas masculinos e femininos. Nas fêmeas da maioria das espécies sexuadas, o número de gametas produzidos é o fator limitador da vida reprodutiva. Para os machos, por outro lado, a limitação está no número de gametas femininos que ele é capaz de fertilizar. Dessa forma, o complemento haploide de que os machos precisam são produzidos pelas fêmeas na forma de gametas, que por sua vez constituem um recurso limitado pelo qual os machos passaram a competir. Essa competição acabou estabelecendo a possibilidade de escolha para fêmeas e isso ficou evolutivamente muito caro para grande parte dos machos.

A seleção sexual pode se dar sob duas formas principais: seleção intrassexual (Ex. competição), em que membros do sexo menos limitado (geralmente machos) competem entre si para ter acesso ao sexo limitante, e a seleção intersexual (geralmente escolha pela fêmea), onde machos competem para serem escolhidos pelas fêmeas.

A escolha realizada pela fêmea é geralmente baseada em benefícios potenciais que o macho possa oferecer a ela ou aos seus descendentes ou pode estar relacionada a alguma característica que esteja associada à "qualidade" do macho. Além dos óvulos serem recursos mais limitados, em alguns grupos de organismos o investimento sexual realizado por machos e fêmeas é ainda mais desbalanceado. Em muitas espécies são as fêmeas que dedicam maior cuidado parental ou até mesmo ficam indisponíveis para novos acasalamentos durante muito tempo, o que faz da procriação uma oportunidade rara para as fêmeas, enquanto os machos podem, potencialmente, fecundar dezenas ou centenas de fêmeas. Esses aspectos explicam muitas características fenotípicas e comportamentais encontradas em machos e fêmeas. O dimorfismo sexual (diferença fenotípica entre machos e fêmeas da mesma espécie) é geralmente um produto da Seleção Sexual.

Antes que você fique pensando que isso não faz o menor sentido, vamos utilizar alguns exemplos: As aves do paraíso estão entre as que apresentam comportamentos de corte mais complexos na natureza e são bons exemplos de Seleção intersexual. As fêmeas são geralmente de coloração simples, adequadas para que não se tornem presas fáceis no ambiente em que vivem, enquanto os machos são espalhafatosos em suas colorações e comportamentos, que certamente contam negativamente para a sua probabilidade de sobrevivência, mas que por outro lado aumentam sua probabilidade de reprodução diante da escolha das fêmeas exigentes. Veja um vídeo do comportamento de corte de uma dessas espécies (*Lophorina superba*) no *YouTube*:

http://www.youtube.com/watch?v=ACTwvx_STK4&feature=fvwrel

Note que na seleção associada ao acasalamento os indivíduos são favorecidos pelo aumento de sua aptidão quando comparados aos outros membros do mesmo sexo, diferente da Seleção Natural que atua sobre a aptidão de um genótipo em relação a toda a população.

Conforme comentado anteriormente a seleção sexual baseada na escolha das fêmeas (intersexual) não é o único modelo, também podendo existir

competição entre os indivíduos do mesmo sexo (denominada intrassexual - geralmente machos) para ter acesso aos membros do outro sexo. Vamos ver o que acontece com os elefantes marinhos. Você já deve ter visto em algum documentário os combates entre machos e a diferença de tamanho entre machos e fêmeas de elefantes marinhos. Veja esse vídeo que mostra essa situação: http://www.youtube.com/watch?v=TRAKXxXSrBY&feature=related.

Nesse caso a seleção intrassexual fez com que os machos se tornassem cada vez maiores e a recompensa por ser maior e mais forte é o harém de fêmeas a sua disposição em seu território, já que acasalar com o macho dominante é um grande benefício para as fêmeas, que poderão ter filhos com essas características. Faça uma simulação no *Evotutor* utilizando a Seleção Sexual por competição em http://www.evotutor.org/SexSel/SS1A.html e perceba como o tamanho dos machos se modifica ao longo do tempo.

ADAPTAÇÃO

Diversos fatores além da Seleção Natural, tais como: fluxo gênico, mutações e deriva genética promovem a evolução das populações, mas apenas aSeleção Natural resulta em adaptações. É importante ressaltar que as características fenotípicas muitas vezes não independentes umas das outras, uma vez que existem fenômenos de coadaptação e epistasia, que podem resultar em vantagens adaptativas promovidas por diferentes combinações genéticas. Além disso, muitas características fenotípicas existentes atualmente são decorrentes de inércia filogenética, ou seja, não são adaptações atuais geradas após a especiação, mas simplesmente foram herdadas de seus ancestrais. O homem possui dedos oponíveis e isso possibilita que possamos utilizar garfo e faca, mas não são adaptações para tais tarefas, observando os primatas, o grupo ao qual pertencemos, podemos verificar que o dedo oponível é uma caraterística das mãos já existente em nossos ancestrais. É importante lembrar sempre da herança filogenética para separar o que é inércia do que é, de fato, adaptativo.

Uma certa característica fenotípica que na atualidade é uma adaptação, pode ter sido mantida no passado sem qualquer função adaptativa em um ambiente diferente (variação neutra). Podemos, portanto considerar características como adaptativas se estas atualmente conferem alguma vantagem aos indivíduos que as possuem em relação aos demais, não interessando se originalmente tinham esta função (adaptação) ou outra função diferente (exaptação). Veja o quadro a seguir que ilustra tais situações (Figura 4.5)

Figura 4.5 - Adaptação, pré-adaptação e exaptação
(Fonte: http://www.icb.ufmg.br).

CONCLUSÃO

Com base no que foi visto, a seleção natural pode explicar a adaptação e especialização dos seres vivos e depende da existência de reprodução, variação fenotípica herdável em algum grau e, principalmente, da diferença de aptidão entre os indivíduos.

RESUMO

Nesse capítulo tratamos da Seleção Natural e vimos como a Seleção Natural atua reduzindo a variabilidade genética das populações de forma determinística levando a adaptação das espécies ao meio em que vivem ou mesmo levando à diversificação entre grupos submetidos a diferentes pressões seletivas. A Seleção Natural atua sobre os indivíduos em nível populacional e depende da existência de reprodução, variação fenotípica herdável em algum grau e, principalmente, da diferença de aptidão entre os indivíduos, que por meio do diferencial reprodutivo e/ou de mortalidade, favorece determinados genótipos ao longo das gerações, podendo levar a

perda ou fixação de alelos ao longo do tempo dentro das populações.A seleção Natural pode agir de diferentes modos, a depender das variantes fenotípicas e dos valores adaptativos associados a elas, podendo ser disruptiva, direcional ou estabilizadora. Além dessas formas existe a Seleção Sexual, que pode se dar sob duas formas principais: seleção intrassexual (Ex. competição), em que membros do sexo menos limitado (geralmente machos) competem entre si para ter acesso ao sexo limitante, e a seleção intersexual (geralmente escolha pela fêmea), onde machos competem para serem escolhidos pelas fêmeas.

ATIVIDADES

Vamos utilizar o *Evotutor* para fixar alguns conceitos trabalhados nesse capítulo. Entre em *www.evotutor.org* e na guia "*selection*" realize simulações considerando todas as combinações possíveis para ausência ou presença de: herdabilidade, diferencial de mortalidade e variação. Analise os resultados.

COMENTÁRIO SOBRE AS ATIVIDADES

Você irá perceber que na ausência de variabilidade fenotípica não é possível realizar qualquer seleção. Mesmo havendo variabilidade fenotípica, se não houver herdabilidade, ou seja, caso o indivíduos sejam fenotipicamente diferentes, mas geneticamente iguais, não haverá seleção efetiva. Do mesmo modo, deverá existir na população indivíduos mais aptos que outros para que exista diferencial de mortalidade e/ou reprodução. Veja o que acontece com a média do fenótipo populacional quando são considerados todos esses fatores.

AUTOAVALIAÇÃO

1. Defina herdabilidade e explique a sua função no processo de Seleção.
2. Qual a importância da variação fenotípica no processo de Seleção?
3. Defina valor adaptativo e explique como a variação desses valores podem influenciar no modo de seleção.
4. Diferencie seleção sexual intrassexual e intersexual e discuta as consequências fenotípicas possíveis de cada tipo.

PRÓXIMA AULA

A próxima aula tratará do conceito de espécie e do processo de especiação: a geração de novas espécies por meio do processo evolutivo. O conceito de espécie e a especiação são fundamentais para a compreensão da Biodiversidade.

REFERÊNCIAS

DARWIN, C. R. **A origem das espécies**. Belo Horizonte: Editora Itatiaia, 2002.
FUTUYMA, D. **Biologia evolutiva** – Editora Funpec, 3ª edição, Ribeirão Preto, SP, 2009.
MAYR, E. **Desenvolvimento do pensamento biológico**: diversidade, evolução e herança. Brasília: UnB, 1998.
Valva, F.D. & Diniz-Filho, J.A.F. O histórico do pensamento evolucionista, **Cadernos de Biologia**, Mestrado em Biologia, UFG, Goiânia-GO. 1998.